植物分类学报 39(3):224~233(2001)
Acta Phytotaxonomica Sinica

中国蕨类植物孢子形态的研究 Ⅱ. 中国蕨科

[1]于 晶 [1]王全喜* [2]包文美

[1](上海师范大学生物系 上海 200234) [2](哈尔滨师范大学生物系 哈尔滨 150080)

Spore morphology of pteridophytes from China Ⅱ. Sinopteridaceae

[1]YU Jing [1]WANG Quan-Xi* [2]BAO Wen-Mei

[1](*Department of Biology*, *Shanghai Normal University*, Shanghai 200234)

[2](*Department of Biology*, *Harbin Normal University*, Harbin 150080)

Abstract Spores of 61 species and 6 varieties in 9 genera of the Sinopteridaceae were examined under scanning electron microscope (SEM). Based on surface ornamentation and other features, the spores of the Sinopteridaceae are divided into three types. In type Ⅰ, the exospore is smooth and the surface ornamentation, which is reticulate, cristate, echinate or rugate, is formed by the perispore. All the other genera of this family, except for *Onychium* and *Cryptogramma*, have this pattern of spores. In type Ⅱ, the surface ornamentation is formed by both perispore and exospore. This pattern is found only in *Cryptogramma*. In type Ⅲ, the perispore is thin and the surface ornamentation is formed by the exospore. *Onychium* is characterized by this type of spores. Those genera with spores of type Ⅰ of the Sinopteridaceae seem to be closely related to each other and should be natural members of this family. The systematic position of *Cryptogramma* and *Onychium*, with spores of type Ⅱ and type Ⅲ respectively, however, should be reconsidered. *Aleuritopteris* might be the most primitive member of the Sinopteridaceae from the evidence of spore morphology.

Key words Pteridophyte; Spore morphology; Sinopteridaceae; China

摘要 利用扫描电镜对国产中国蕨科 Sinopteridaceae 植物 9 属 61 种 6 变种的孢子进行了观察。结果表明,该科植物的孢子可分为 3 种类型:(1)孢子球形,三裂缝;周壁较厚,疏松地包在孢子之外;外壁光滑,表面纹饰由周壁形成,呈网状、嵴状、刺状或皱状。除金粉蕨属 *Onychium* 和珠蕨属 *Cryptogramma* 外,该科其他属的植物都具此类型孢子。(2)孢子钝三角形,三裂缝;周壁较薄,由周壁和外壁共同形成表面轮廓,表面具疣状或颗粒状纹饰。具此类型孢子的只有珠蕨属。(3)孢子钝三角形,三裂缝,沿裂缝两侧各有一脊状隆起或瘤状纹饰;周壁薄,由外壁形成表面纹饰的基本轮廓;具赤道环、近极脊和远极脊。具此类型孢子的只有金粉蕨属。另外,从孢粉学的角度对该科的分类和系统演化进行了探讨。

关键词 蕨类植物; 孢子形态; 中国蕨科; 中国

中国蕨科 Sinopteridaceae 为中生或旱生中小型植物,约有 14 属 300 余种,主要分布于亚热带地区。该科在我国现已记载 9 属 71 种 12 变种,其中,中国蕨属 *Sinopteris* 为我国特有,粉背蕨属 *Aleuritopteris* 以我国为分布中心。

中国蕨科 Sinopteridaceae 是 Koidzumi 在 1934 年建立的,当时只包括 1 属,即中国蕨属 *Sinopteris*。1940 年秦仁昌将原属凤尾蕨科 Pteridaceae 的碎米蕨群(Cheilanthoid)的各属改

2000-07-27 收稿,2000-11-11 收修改稿。

基金项目:国家自然科学基金(No.C39470067),上海市自然科学基金(00ZA14043)

* 通讯联系人。Author for correspondence.

隶本科，至此，中国蕨科就含有13属，并被一些蕨类植物学家所承认。但迄今为止，对本科的界限仍有不同意见，如1963年 Pichi Sermolli 将 *Cryptogramma*、*Onychium* 和 *Llavea* 从本科中分出，建立了 Cryptogrammaceae(程治英，武素功，1997)；1970年 Nayar 建立了 Cheilanthaceae；Tryon & Tryon(1982)仍将其放在凤尾蕨科中；对本科其他一些属的界限也有争议。

有关中国蕨科植物孢子形态的研究，光镜下的工作主要有：张玉龙等(1976)在《中国蕨类植物孢子形态》一书中记述了本科8属49种的孢子形态，其中有38种被《中国植物志》(秦仁昌等，1990)所收录，其余为同物异名或裸名。黄增泉(1981)描述了我国台湾产3属8种植物的孢子形态。有关扫描电镜的工作，国外主要有 Ferrarini *et al*.(1986)描述了碎米蕨属 *Cheilosoria* 5种，隐囊蕨属 *Notholaena* 和珠蕨属 *Cryptogramma* 各1种，但这7种我国均不产。Tryon & Lugardon(1991)描述了5属32种，其中有4个种我国有分布，碎米蕨 *Cheilosoria mysurensis* 的标本采自我国台湾省。程治英和武素功(1997)对本科9属21种孢子进行了扫描电子显微镜的观察，其中涉及到我们所观察的有16种。

本文利用扫描电镜对国产中国蕨科9属61种6变种的孢子进行了观察(其中大部分种类的扫描电镜照片是首次报道)并描述其形态特征，从孢粉学的角度探讨了本科的系统演化和分类，试图为孢粉学和蕨类植物的系统学研究提供资料。

1　材料和方法

本文所用孢子主要取自中国科学院植物研究所标本馆(PE)，一部分取自贵州科学院生物研究所蕨类植物标本室(HGAS)和中国科学院成都生物研究所植物标本室(CDBI)，凭证标本及图版号见表1。

扫描电镜观察是将干燥孢子直接均匀地撒在透明双面胶带上，然后固定在标本台上，经喷金后置于 HITACHI-520 型扫描电子显微镜下观察并照相。孢子的形态描述参照 Tryon & Lugardon(1991)所使用的术语。

2　结果与分析

2.1　科的孢子形态特征及基本类型

孢子辐射对称。极面观为钝三角形、三角圆形，有时为近圆形；赤道面观为半圆形、超半圆形或椭圆形。极轴长30～58 μm，赤道轴长33～78 μm。三裂缝，其长度少数为孢子半径的2/3或3/4，多数几达孢子赤道线。孢子具周壁。周壁厚薄不一地覆盖在孢子表面，在不同的属种中呈现各种类型的纹饰。根据孢壁的结构和表面纹饰可将本科孢子形态分为以下3种类型：

2.1.1　类型Ⅰ：孢子圆形。周壁较厚，疏松地包在孢子之外。外壁光滑(图版Ⅱ:3)，表面纹饰由周壁形成，该科除金粉蕨属和珠蕨属外其他属都属此型。周壁内层较薄，紧贴外壁(图版Ⅳ:3)；周壁外层由细丝(filaments)[或称杆(rodlets)]交织形成网状(图版Ⅰ:7～8)，较厚，细丝常常部分愈合形成带孔的片状(图版Ⅳ:2)；有的种类周壁表层形成致密的鞘，表面具嵴(图版Ⅳ:9)、皱纹(图版Ⅴ:13)和刺(图版Ⅴ:12)等。在我们所观察的种类中，其表面纹饰又可分为以下几种情况：

表1 种的孢子形态特征及凭证标本

Table 1 Spore morphology and voucher specimens of the studied species in Sinopteridaceae

分类群 Taxa	大小 Size(μm)	类型 Type	表面纹饰 Ornamentation	凭证标本 Voucher specimens	图版 Plate
银粉背蕨 *Aleuritopteris argentea* (Gmel.) Fée var. *argentea*	45×47	I	网状 reticulate	F. Wang (王 锋) 721 (HGAS) Fuquan, Guizhou (贵州福泉)	I : 1
裂叶粉背蕨 *A. argentea* var. *geraniifolia* Ching et S. K. Wu	43.5×49	I	网状 reticulate	s.coll., s.no. (PE) Xikang, Sichuan (四川西康)	I : 2
德钦粉背蕨 *A. argentea* var. *flava* Ching et S. K. Wu	43×49	I	网状 reticulate	P.S. Wang(王培善)78251 (HGAS) Hezhang, Guizhou (贵州赫章)	I : 3
硫磺粉背蕨 *A. veitchii* (Christ) Ching	52×53	I	网状 reticulate	W. M. Chu.(朱维明) 1050 (HGAS) Lijiang, Yunnan (云南丽江)	I :4~5
长尾粉背蕨 *A. michelii* (Christ) Ching	51×46	I	网状 reticulate	Michel s. no. (PE) Sichuan* (四川)	I : 6
裸叶粉背蕨 *A. duclouxii* (Christ) Ching	43×44	I	网状 reticulate	P.S. Wang(王培善) s. no. (HGAS) Shuicheng, Guizhou (贵州水城)	I : 7~8
多羽裂叶粉背蕨 *A. nuda* Ching	42×45.7	I	网状 reticulate	J. X. Yang (杨金详) 2559 (PE) Shanyin, Shaanxi (陕西山阴)	I : 9
丽江粉背蕨 *A. likiangensis* Ching ex S. K. Wu	37×42	I	网状 reticulate	W. M. Chu (朱维明) 1850 (PE) Yulong Mt., Lijiang, Yunnan (云南丽江玉龙山)	I :10~11
陕西粉背蕨 *A. shensiensis* Ching	32×38	I	网状 reticulate	H.S. Kung (孔宪需) 3110 (PE) Shaanxi* (陕西)	I :12
莲座粉背蕨 *A. rosulata* (C. Chr.) Ching	48×51	I	网状 reticulate	T. T. Yü(俞德俊) 13394 (PE) Sichuan* (四川)	II :1
金爪粉背蕨 *A. cremea* Ching ex S. K. Wu	35×44	I	网状 reticulate	Nanshuibeidiao Exped. (南水北调队) 10170 (PE) Baoxing, Sichuan (四川宝兴)	II :2~3
假银粉背蕨 *A. subargentea* Ching ex S. K. Wu	41×44	I	网状 reticulate	Y. T. Zhang (张永田) 6059 (PE) Deqen, Yunnan (云南德钦)	II :4
雪白粉背蕨 *A. niphobola* (C. Chr.) Ching	58.9×41	I	网状 reticulate	H. Smith 45695 (PE) Sichuan* (四川)	II :5
北京粉背蕨 *A. niphobola* var. *pekingensis* Ching et Hsu	44×50	I	网状 reticulate	K. M. Liou(刘克孟), s. no. (PE) Beijing (北京)	II :6
美丽粉背蕨 *A. speciosa* Ching et S. K. Wu	40×48.8	I	网状 reticulate	Qinghai-Xizang Exped. (青藏队) 9508 (PE) Zayü, Xizang (西藏察隅)	II :7
毛叶粉背蕨 *A. squamosa* (Hope et C. H. Wright) Ching	43×47	I	网状 reticulate	W. M. Chu (朱维明) 04350 (PE) Shuangbai, Yunnan (云南双柏)	II :8
阔羽粉背蕨 *A. tamburii* (Hook.) Ching	55×62.5	I	网状 reticulate	s. coll., 24935 (PE) Binchuan, Yunnan (云南宾川)	II :9

Table 1 (continued)

分类群 Taxa	大小 Size(μm)	类型 Type	表面纹饰 Ornamentation	凭证标本 Voucher specimens	图版 Plate
棕毛粉背蕨 *A. rufa* (Don) Ching	51×55	Ⅰ	网状 reticulate	P. S. Wang (王培善) 77620 (HGAS) Shuicheng, Guizhou (贵州水城)	Ⅲ:1
白边粉背蕨 *A. albo-marginata* (Clark.) Ching	49.2×53	Ⅰ	网状 reticulate	Henry s. no. (PE) Yunnan* (云南)	Ⅲ:2
狭盖粉背蕨 *A. stenochlamys* Ching ex S. K. Wu	47×49	Ⅰ	网状 reticulate	s. coll., 24849 (PE) Zhengzhou, Henan (河南郑州)	Ⅲ:3
粉背蕨 *A. pseudofarinosa* Ching et S. K. Wu	49.7×52	Ⅰ	嵴状 cristate	P. S. Wang (王培善) 77707 (HGAS) Guizhou* (贵州)	Ⅲ:4
武夷山粉背蕨 *A. wuyishanensis* Ching	48×49	Ⅰ	嵴状 cristate	Wuyishan Exped. (武夷山队) 1709 (PE) Chongan, Fujian (福建崇安)	5
多鳞粉背蕨 *A. anceps* (Blanford) Panigrahi	57.5×59	Ⅰ	嵴状 cristate	s. coll., 52656 (PE) Jingdong, Yunnan (云南景东)	Ⅲ:6
黑柄粉背蕨 *A. ebenipes* X. C. Zhang	42×47	Ⅰ	嵴状 cristate	Y Jiang (蒋英) s. no. (PE) Danzhai, Guizhou(贵州丹寨)	Ⅲ:7
阔盖粉背蕨 *A. gresia* (Blanford) Panigrahi var. *gresia*	38×44	Ⅰ	刺状 echinate	Nanshuibeidiao Exped. (南水北调队) 4873 (PE) Sichuan* (四川)	Ⅲ:10
高山粉背蕨 *A. gresia* var. *alpina* (Ching ex S. K. Wu) S. K. Wu	47×49	Ⅰ	嵴状 cristate	s. coll., 8141 (PE) Yunnan* (云南)	Ⅲ:8
无盖粉背蕨 *A. doniana* S. K. Wu	35×40	Ⅰ	嵴状 cristate	T. N. Liou (刘慎谔) 22789 (PE) Yangbi, Yunnan (云南漾濞)	Ⅲ:9
金粉背蕨 *A. chrysophylla* (Hook.) Ching	45×54	Ⅰ	皱状 rugate	s. coll., s. no. (PE) Yunnan* (云南)	Ⅲ:11
阴石粉背蕨 *A. humatifolia* X. C. Zhang *et al.*	55×57.5	Ⅰ	皱状 rugate	X. C. Zhang (张宪春) s. no. (PE) Wuzhi Mt., Hainan (海南五指山)	Ⅲ:12
中国蕨 *Sinopteris grevilleoides* (Christ) C. Chr. et Ching	40×50	Ⅰ	网状 reticulate	F. Ducloux 6966 (PE) Yunnan* (云南)	Ⅳ:1
小叶中国蕨 *S. albofusca* (Bak.) Ching	45×47	Ⅰ	网状 reticulate	H.S. Kung (孔宪需) 8691(CDBI) Muli, Sichuan (四川木里)	Ⅳ:2~3
厚叶碎米蕨 *Cheilosoria insignis* (Ching) Ching et Shing	32×38.5	Ⅰ	网状 reticulate	Sichuan Exped. (四川队) s. no. (CDBI) Qianning, Sichuan (四川乾宁)	Ⅳ:4
碎米蕨 *C. mysurensis* (Wall. ex Hook.) Ching et Shing	40×44.7	Ⅰ	网状 reticulate	Tanaka 146 (PE) Taiwan* (台湾)	Ⅳ:5
脆叶碎米蕨 *C. fragilis* (Hook.) Ching et Shing	30×34.5	Ⅰ	刺状，具疣 echinate, verrucate	S. T. Pei (裴盛基) 59-10071 (PE) Yiwu, Mengla, Yunnan (云南勐腊易武)	Ⅳ:6~7

Table 1 (continued)

分类群 Taxa	大小 Size(μm)	类型 Type	表面纹饰 Ornamentation	凭证标本 Voucher specimens	图版 Plate
大理碎米蕨 *C. hancockii* (Bak.) Ching et Shing	41×48.5	I	网状 reticulate	s. coll. 19568 (PE) Yunnan* (云南)	Ⅳ:8
疏羽碎米蕨 *C. belangeri* (Bory) Ching et Shing	44×50	I	嵴状 cristate	S. K. Lau (刘心祈) 1773 (PE) Changjiang, Hainan (海南昌江)	Ⅳ:9
薄叶碎米蕨 *C. tenuifolia* (Burm.) Trev.	46×51	I	嵴状 cristate	236 Exped. (263 队) 1144 (PE) Shicheng, Jiangxi (江西石城)	Ⅳ:10
毛轴碎米蕨 *C. chusana* (Hook.) Ching et Shing	44×50.5	I	刺状 echinate	Y. W. Zhang (张玉武) W001 (HGAS) Guiyang, Guizhou (贵州贵阳)	Ⅳ: 11~12
中华隐囊蕨 *Notholaena chinensis* Bak.	48×53	I	网状 reticulate	Fern Exped. (蕨类队) 91112 (HGAS) Sinan, Guizhou (贵州思南)	Ⅴ:1~2
旱蕨 *Pellaea nitidula* (Hook) Bak.	38.5×47	I	网状 reticulate	H. S. Kung (孔宪需) 05318 (CDBI) Kangding, Sichuan (四川康定)	Ⅴ:3
滇西旱蕨 *P. mairei* Brause.	36×38	I	网状 reticulate	s. coll. s. no. (PE) Dali, Yunnan (云南大理)	Ⅴ:4~6
西南旱蕨 *P. smithii* C. Chr.	46×50	I	网状 reticulate	X. Li (李馨) 71573 (PE) Maerkang, Sichuan (四川马尔康)	Ⅴ:7
云南旱蕨 *P. yunnanensis* Ching	38×48.6	I	网状 reticulate	Southwest Exped (西南队) 10590 (PE) Yunnan* (云南)	Ⅴ:8~9
凤尾旱蕨 *P. paupercula* (Christ) Ching	34×39.7	I	网状 reticulate	H. S. Kung (孔宪需) 6145 (HGAS) Kangding, Sichuan (四川康定)	Ⅴ:10
毛旱蕨 *P. trichophylla* (Bak.) Ching	40×47	I	皱状 rugate	S. G. Wu (武素功) 3628 (HGAS) Muli, Sichuan (四川木里)	Ⅴ:11
三角旱蕨 *P. calomelanos* Link	40×55.4	I	网状 reticulate	Yunnan Univ. Exped. (云大队) 02379 (PE) Wumeng Mt., Yunnan (云南乌蒙山)	Ⅴ:13
宜昌旱蕨 *P. patula* (Bak.) Ching	39×51	I	刺状 echinate	s. coll. 1548 (PE) Hubei (湖北)	Ⅴ:12
黑心蕨 *Doryopteris concolor* (Langsd. et Fisch.) Kuhn	33×40	I	网状 reticulate	R.C. Ching (秦仁昌) 7786 (PE) Guangxi* (广西)	Ⅵ:1~3
戟叶黑心蕨 *D. ludens* (Wall. ex Hook.) J. Sm.	37.8×46	I	嵴状 cristate	R. S. Williams 1501 (PE) Yunnan* (云南)	Ⅵ:4
薄叶薄鳞蕨 *Leptolepidium dalhousiae* (Hook.) Hsing et S. K. Wu	38×40	I	嵴状 cristate	P. S. Wang (王培善) 91155 (HGAS) Hezhang, Guizhou (贵州赫章)	Ⅵ:5
绒毛薄鳞蕨 *L. subvillosum* (Hook.) Hsing et S. K. Wu	37×45	I	皱状 rugate	P. S. Wang (王培善) 78248 (HGAS) Hezhang, Guizhou (贵州赫章)	Ⅵ:6

Table 1 (continued)

分类群 Taxa	大小 Size(μm)	类型 Type	表面纹饰 Ornamentation	凭证标本 Voucher specimens	图版 Plate
华北薄鳞蕨 *L. kuhnii* (Milde) Hsing et S. K. Wu	35×40	Ⅰ	皱状 rugate	S. X. Li (李书馨) 8106 (IFSBH) Changbai Mt., Jilin (吉林长白山)	Ⅵ:7
稀叶珠蕨 *Cryptogramma stelleri* (Gmél.) Prantl	38×42	Ⅱ	疣状,具颗粒 verrucate with granules	P. C. Tsoong (钟补求) 9087 (PE) Zhangye, Gansu (甘肃张掖)	Ⅵ:8~9
峨眉珠蕨 *C. emeiensis* Ching et Shing	38×45	Ⅱ	疣状 verrucate	K. H. Xing (邢公侠) 117 (PE) Emei Mt., Sichuan (四川峨眉山)	Ⅵ:10
高山珠蕨 *C. brunoniana* (Wall.) ex Hook. et Grev.	37×44	Ⅱ	疣状 verrucate	Qinghai-Xizang Exped. (青藏队) 5028 (PE) Xiangcheng, Sichuan (四川乡城)	Ⅵ:11
珠蕨 *C. raddeana* Fomin	36.2×44	Ⅱ	疣状 verrucate	Z. C. Ni (倪志诚) 1481 (PE) Bomi, Xizang (西藏波密)	Ⅵ:12
陕西珠蕨 *C. shensiensis* Ching	35.9×42	Ⅱ	疣状 verrucate	Q. Huang 2344 (PE) Qinling, Shaanxi (陕西秦岭)	Ⅵ:13
金粉蕨 *Onychium siliculosum* (Desv.) C. Chr.	34.8×43	Ⅲ	远极面拟网状 ornate on distal face	W. M. Chu *et al* (朱维明等). 15368 (HGAS) Cangyuan, Yunnan (云南沧源)	Ⅶ:1
蚀盖金粉蕨 *O. tenuifrons* Ching	45×50.5	Ⅲ	远极面条状 barred on distal face	F. Wang (王 锋) 90071 (HGAS) Weining, Guizhou (贵州威宁)	Ⅶ:2
西藏金粉蕨 *O. tibeticum* Ching et S. K. Wu	43×50.4	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	T. P. Yi (易同培) 79168 (PE) Zayü, Xizang (西藏察隅)	Ⅶ:3
野鸡尾金粉蕨 *O. japonicum* (Thunb.) Kze. var. *japonicum*	39×45.5	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	Y. W. Zhang (张玉武) 7009 (PE) Tongren, Guizhou (贵州铜仁)	Ⅶ:4
栗柄金粉蕨 *O. japonicum* var. *lucidum* (Don) Christ	40.4×51.5	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	T. L. Dai (戴天伦) 102695 (HGAS) Chengkou, Sichuan (四川城口)	Ⅶ:5
木坪金粉蕨 *O. moupinense* Ching var. *moupinense*	35×43	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	s. coll. s. no. (PE) Baoxing, Sichuan (四川宝兴)	Ⅶ:6
湖北金粉蕨 *O. moupinense* var. *ipii* (Ching) Shing	32×37.5	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	R. C. Ching (秦仁昌) 3982 (PE) Gucheng, Hubei (湖北古城)	Ⅶ:7
繁羽金粉蕨 *O. plumosum* Ching	32.6×43	Ⅲ	远极面拟网状 ornate on distal face	P. S. Wang (王培善) 77669 (HGAS) Guizhou* (贵州)	Ⅶ:8~9
黑足金粉蕨 *O. contiguum* Hope	48.5×66	Ⅲ	远极面拟网状 ornate on distal face	P.S. Wang (王培善) 2310 (HGAS) Hezhang, Guizhou (贵州赫章)	Ⅶ:10~11
狭叶金粉蕨 *O. angustifrons* Ching	42×53	Ⅲ	远极面网状 reticulate on distal face	H. C. Zhou (周鹤昌) 1188 (PE) Guanxian, Sichuan (四川灌县)	Ⅶ:12

* Without precise locality (具体地址不详).

(A) 网状纹饰(reticulate):周壁疏松,由细丝交织成细网状,有时细丝部分愈合形成具孔的片。属于此种周壁类型的以在粉背蕨属的银粉背蕨系 Ser. *Argenteae* 最为典型,如:银粉背蕨 *Aleuritopteris argentea*、硫磺粉背蕨 *A. veitchii* 等。此外,滇西旱蕨 *Pellaea mairei*、西南旱蕨 *P. smithii*、大理碎米蕨 *Cheilosoria hancockii* 等也具此种类型孢子。

(B) 嵴状纹饰(cristate):周壁表面具片状嵴,呈鸡冠状或耳状,密集或稀疏。此类型中片状嵴较稀疏、呈鸡冠状、嵴上常具穿孔或边缘流苏状的有厚叶碎米蕨 *C. insignis*、疏羽碎米蕨 *C. belangeri*、薄叶薄鳞蕨 *Leptolepidium dalhousiae* 和小叶中国蕨 *Sinopteris albofusca*、戟叶黑心蕨 *Doryopteris ludens* 等;此类型中片状嵴较密、呈耳状的有狭盖粉背蕨 *A. stenochlamys*、高山粉背蕨 *A. gresia* var. *alpina*、多鳞粉背蕨 *A. anceps*、武夷山粉背蕨 *A. wuyishanensis*、中华隐囊蕨 *Notholaena chinensis* 等。

(C) 皱状纹饰(rugate):周壁中层疏松,表层成鞘,表面具皱。属此类型的有阴石粉背蕨 *A. humatifolia*、三角羽旱蕨 *P. calomelanos*、毛旱蕨 *P. trichophylla* 等。

(D) 刺状纹饰(echinate):周壁结构较紧密,表面形成刺状。属于此类型的有阔盖粉背蕨 *A. gresia*、宜昌旱蕨 *P. patula*、毛轴碎米蕨 *C. chusana*、脆叶碎米蕨 *C. fragilis* 等。脆叶碎米蕨表面除具有刺外,在赤道面和远极面上还有不规则的疣,在疣表面也具刺(图版Ⅳ:6~7)。

2.1.2 类型Ⅱ(Type Ⅱ):孢子钝三角形,周壁较薄,由外壁和周壁共同形成表面纹饰。表面具颗粒状、瘤状或疣状纹饰,近极面纹饰比远极面纹饰小。属于此种类型的只有珠蕨属 *Cryptogramma*。

2.1.3 类型Ⅲ(Type Ⅲ):孢子钝三角形,沿裂缝两侧各有一脊状隆起或由瘤状纹饰。周壁薄,由外壁形成表面纹饰的基本轮廓。具赤道环,具近极脊和远极脊,属于此种类型的只有金粉蕨属 *Onychium*。

2.2 种的孢子形态特征

种与变种的形态特征见表1。

3 讨 论

3.1 孢子形态的系统学意义

从孢子形态看,除金粉蕨属和珠蕨属外,中国蕨科其它属之间的亲缘关系较密切,属间差别并不明显。有些属内种间差别比属间差别还大,从孢子形态上很难看出属的界限。

孢子形态特征对于探讨蕨类植物的系统演化问题有着重要意义,中外许多著名的蕨类植物学家对此都做过论证,提出了一些孢子形态原始与进化的特征(Tryon, Lugardon, 1991; Devi, 1988; Wagner, 1974)。武素功(1981)提出,中国蕨属是粉背蕨属的可能祖先,由粉背蕨属再向3个方向演化:一是薄鳞蕨属,二是隐囊蕨属和黑心蕨属,三是碎米蕨属和旱蕨属。程治英和武素功(1997)从孢子形态结合形态解剖及分类资料提出了中国蕨科一个可能的进化关系图,他们认为中国蕨属为演化路线的主支,是最原始的,在发展过程中先出现一个分支 —— 粉背蕨属,再由粉背蕨属发展出5个轮生分支,即旱蕨属、黑心蕨属、隐囊蕨属、碎米蕨属、薄鳞蕨属。主支的另一个分支出现两个分支,即金粉蕨属和珠蕨属。

根据我们对中国蕨科植物孢子形态的观察，认为中国蕨科（除金粉蕨属和珠蕨属外）中，孢子周壁由细丝交织形成的网状纹饰（如银粉背蕨系 Ser. *Argenteae*）是最原始的，由此种类型的细丝逐渐愈合形成嵴状、皱状、刺状等纹饰。我们结合前人对孢子形态的演化观点，认为如果只从孢子形态的角度考虑，则粉背蕨属的银粉背蕨系似乎是最原始的类群，由它演化到粉背蕨系 Ser. *Farinosae*，再由粉背蕨系演化出中国蕨属、隐囊蕨属、黑心蕨属、碎米蕨属、旱蕨属及薄鳞蕨属（图 1）。

银粉背蕨系 Ser. *Argenteae* → 粉背蕨系 Ser. *Farinosae*
- → 中国蕨属 *Sinopteris*
- → 黑心蕨属 *Doryopteris*
- → 隐囊蕨属 *Notholaena*
- → 碎米蕨属 *Cheilosoria*
- → 旱蕨属 *Pellaea*
- → 薄鳞蕨属 *Leptolepidium*

图 1 根据孢子形态推测的中国蕨科可能的演化路线图
Fig. 1 The possible relationships in the Sinopteridaceae based on the spore morphology

3.2 关于粉背蕨属 *Aleuritopteris* 的归属问题

对粉背蕨属的归属问题，在中外学者中存在着一些分歧，有人主张将粉背蕨属作为碎米蕨属的一个组；有的主张作为旱蕨属的一个组；也有的主张把本属一些成员归到碎米蕨属和黑心蕨属中。1941 年秦仁昌主张恢复粉背蕨属，并在属下建立 3 个系：薄叶蕨系 Ser. *Dalhousianae*、银粉背蕨系、粉背蕨系。邢公侠和武素功（1979）将薄叶蕨系提为一个独立的属。因此现在的粉背蕨属仅包括银粉背蕨系和粉背蕨系两个系。

从孢子形态特征看，银粉背蕨系各种之间的差异很小，是一个自然的分类类群，表面纹饰都是由细丝组成的网状结构；粉背蕨系的孢子形态种间差异较大，周壁的表面纹饰可分为网状、嵴状、刺状和皱状四种纹饰，包含了本科除珠蕨属和金粉蕨属外其他属的全部纹饰类型。而旱蕨属 *Pellaea* 和碎米蕨属 *Cheilosoria* 属内种间差异也较大，也都含有上述纹饰类型的 3 种以上。在这 3 个属中，属内种间孢子形态差异大，但不同属的某些种的孢子形态却很相近。因此，从孢子形态上很难将这 3 个属分开。

3.3 关于珠蕨属 *Cryptogramma* 的归属问题

珠蕨属是否是中国蕨科的合理成员，至今仍有争议。意大利蕨类植物学家 Pichi Sermolli（1963）从本科中将珠蕨属 *Cryptogramma* 和金粉蕨属 *Onychium* 分出和中美洲产的 *Llavea* 组建了一个珠蕨科 Cryptogrammaceae（吴兆洪，秦仁昌，1991）。从孢子体看，三者的关系并不密切。从孢子形态看，珠蕨属和金粉蕨属相差甚远，与 *Llavea* 相似，皆为疣状纹饰；但从结构上看二者有差异，*Llavea* 的外壁光滑，周壁二层由较内层形成表面纹饰的基本轮廓（Tryon, Lugardon, 1991），而珠蕨属则是由外壁和周壁共同形成表面纹饰。珠蕨属与中国蕨科其它属的形态相差甚远，在电镜下观察与碗蕨属 *Dennstaedtia* 的某些种纹饰相似，但后者纹饰是由周壁形成，外壁光滑（Tryon, Lugardon, 1991）。因此，从孢子形态上看珠蕨属的归属，目前不能确定。郭晓思等（1992）从数量分析的角度研究了本属，认为珠蕨属应为中国蕨科成员，不应成立科，在中国蕨科内成立一个珠蕨族（下辖珠蕨属）比较合

适,这可能是一个比较合理的处理方法。

3.4 关于金粉蕨属 *Onychium* 的归属问题

中外学者对金粉蕨属的研究表明,金粉蕨属与中国蕨科其它各属在形态上有很大差别,怀疑金粉蕨属可能不是中国蕨科的合理成员,建议将其从中国蕨科分出去。从孢子形态上看,金粉蕨属孢子形态较特殊,与其它属相差亦甚远,而与凤尾蕨科 Pteridaceae 的凤尾蕨属 *Pteris* 及其它几属极为相近,皆具赤道环。郭晓思等(1992)也认为金粉蕨属与中国蕨科其它属关系疏远。秦仁昌认为从孢子体形态看,金粉蕨属更接近凤尾蕨科(郭晓思等,1992),我们从孢子形态角度上赞成他的观点,建议将金粉蕨属从中国蕨科分出,放入凤尾蕨科。

致谢 本文工作中,得到张宪春、王培善、孔宪需等先生的帮助,PE, GHAS, CDBI 等标本馆提供孢子,张大维同志协助电镜工作,在此一并致谢。

参 考 文 献

Chang Y-L (张玉龙), Xi Y-Z (席以珍), Zhang C-T (张金谈) *et al*., 1976. Sporae Pteridophytorum Sinicorum. Beijing: Science Press

Cheng Z-Y (程治英), Wu S-G (武素功), 1997. Spore morphology in the Sinopteridaceae. Acta Bot Yunnan (云南植物研究), 19(1):75~78

Ching R-C (秦仁昌), Shing K-H (邢公侠) *et al*., 1990. Pteridophyta In: Fl Reip Pop Sin. Beijing: Science Press. 3 (1)

Ching R-C(秦仁昌), 1978. The Chinese fern families and genera: systematic arrangement and historical origin. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 16(3):1~19

Ching R-C(秦仁昌), 1940. On natural classification of the family "Polypodiaceae". Sunyatsenia, 5(4):201~268

Ching R-C(秦仁昌), 1941. The studies of Chinese ferns XXXI. Hongk Nat, 10(3~4):194~204

Devi S, 1988. Spores of pteridophytes. Indian Fern J, 5:28~57

Ferrarini E, 1986. Iconographia Palynologica Pteridophytorum Italiae. Webbia, 40(1):1~202

Guo X-S (郭晓思), Xu Y-P (徐养鹏), Wu Z-H (吴兆洪), 1992. A numerical taxonomy of the family Sinopteridaceae. Guihaia, 12 (3): 235~242

Huang T-C(黄增泉), 1981. Spore Flora of Taiwan. Taiwan: Tah-Jinn Press

Nayar B K, 1970. A phylogenetic classification of the homosporous ferns. Taxon, 19:229~236

Tryon A F, Lugardon B, 1991. Spores of the Pteridophyta. New York etc: Springer-Verlag

Tryon R M, Tryon A F, 1982. Ferns and Allied Plants with Special Reference to Tropical America. New York etc: Springer-Verlag

Wagner W H Jr, 1974. Structure of spores in relation to fern phylogeny. Ann MO Bot Gard, 61:332~353

Wu S-G(武素功), 1979. *Leptolopidium* Hsing et S. G. Wu —— a new genus of the Sinopteridaceae. Acta Bot Yunnan, 1(1): 115~118

Wu S-G(武素功), 1981. A study on the genus *Aleuritopteris* Fée in China. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 19(1):58~74

Wu S-H (吴兆洪), Ching R-C (秦仁昌), 1991. Fern families and genera of China. Beijing: Science Press

Zhang X-C (张宪春), Shi L (石雷), 1994. Notes on *Aleuritopteris* Fée in China. Acta Phytotax Sin (植物分类学报), 32(1):93~97

图版说明 Explanation of plates

Plate Ⅰ 1. *Aleuritopteris argentea* (Gmél.) Fée var. *argentea*; 2. *A*. *argentea* var. *geraniifolia* Ching et S. K. Wu; 3. *A*. *argentea* var. *flava* Ching et S. K. Wu; 4~5. *A*. *veitchii* (Christ) Ching; 6. *A*. *michelii* (Christ) Ching; 7~8. *A*. *duclouxii* (Christ) Ching; 9. *A*. *nuda* Ching; 10~11. *A*. *likiangensis* Ching ex S. K. Wu;

12. *A. shensiensis* Ching (1,2,3,4,6,7,9,10,11,12. ×1000; 5,8. ×3300)

Plate Ⅱ 1. *A. rosulata* (C. Chr.) Ching; 2~3. *A. cremea* Ching; 4. *A. subargentea* Ching; 5. *A. niphobola* (C. Chr.) Ching var. *niphobola*; 6. *A. niphobola* var. *pekingensis* Ching et Hsu; 7. *A. speciosa* Ching et S. K. Wu; 8. *A. squamosa* (Hope et C. H. Wright) Ching; 9. *A. tamburii* (Hook.) Ching (1,3,6,7,8. ×1000; 2. ×870; 4. ×1100; 5. ×800)

Plate Ⅲ 1. *A. rufa* (Don) Ching; 2. *A. albo-marginata* (Clarke) Ching; 3. *A. stenochlamys* Ching ex S. K. Wu; 4. *A. pseudofarinosa* Ching et S. K. Wu; 5. *A. wuyishanensis* Ching; 6. *A. anceps* (Blanford) Panigrahi; 7. *A. ebenipes* X. C. Zhang; 8. *A. gresia* var. *alpina* (Ching ex S. K. Wu) S. K. Wu; 9. *A. doniana* S. K. Wu; 10. *A. gresia* (Blanford) Panigrahi var. *gresia*; 11. *A. chrysophylla* (Hook.) Ching; 12. *A. humatifolia* X. C. Zhang *et al*. (1,2,7,8,9,10. ×1000; 3,5,6,12. ×800; 4,11. ×870)

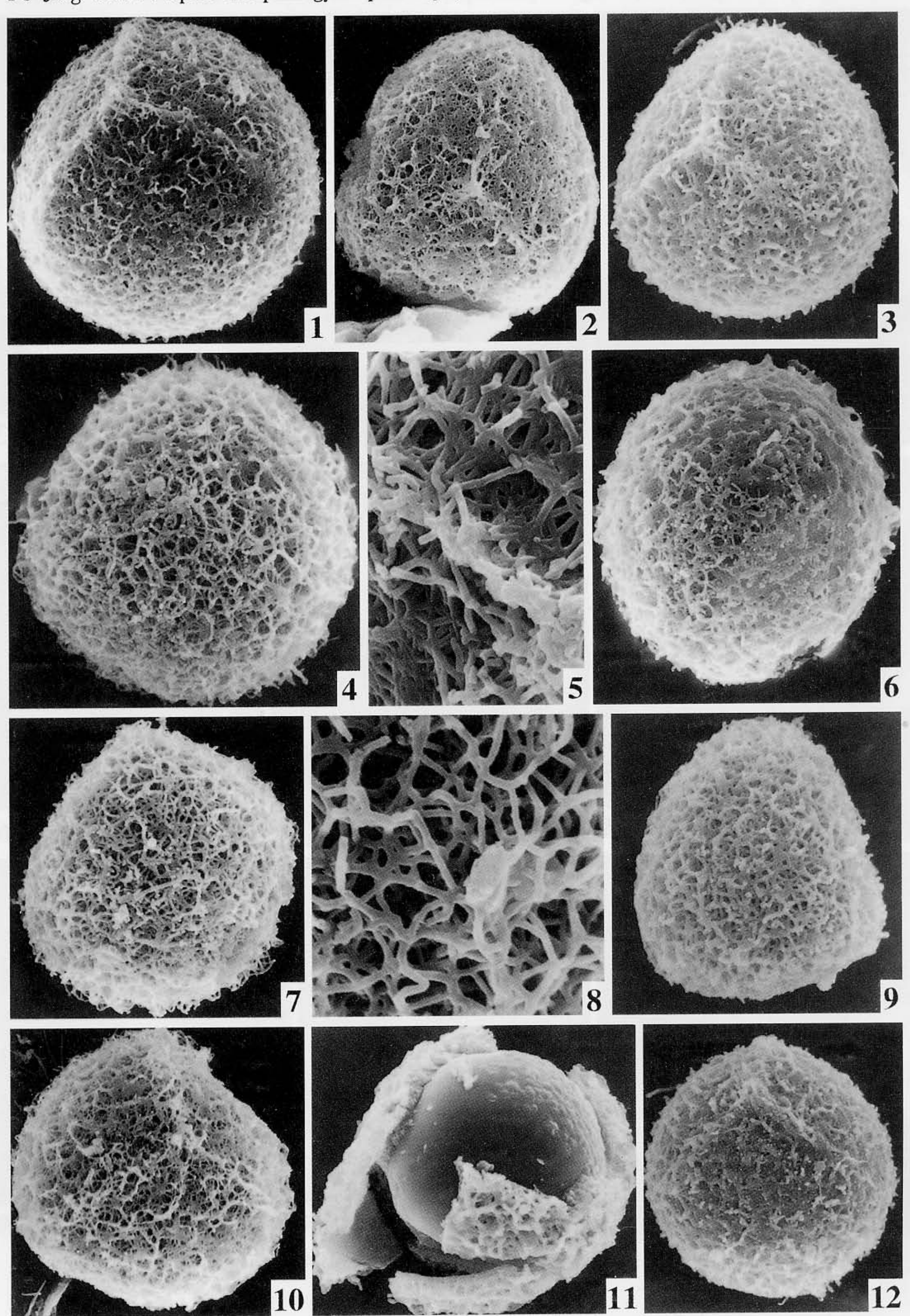
Plate Ⅳ 1. *Sinopteris grevilleoides* (Christ) C. Chr. et Ching; 2~3. *S. albofusca* (Bak.) Ching; 4. *Cheilosoria insignis* (Ching) Ching et Shing; 5. *C. mysurensis* (Wall. ex Hook.) Ching et Shing; 6~7. *C. fragilis* (Hook.) Ching et Shing; 8. *C. hancockii* (Bak.) Ching et Shing; 9. *C. belangeri* (Bory) Ching et Shing; 10. *C. tenuifolia* (Burm.) Trev; 11~12. *C. chusana* (Hook.) Ching et Shing (1,2,4,5,9,10. ×1000; 3. ×2000; 6,8. ×1300; 7. ×3300; 11,12. ×1100)

Plate Ⅴ 1~2. *Notholaena chinensis* Bak.; 3. *Pellaea nitidula* (Hook.) Bak.; 4~6. *P. mairei* Brause; 7. *P. smithii* C. Chr.; 8~9. *P. yunnanensis* Ching; 10. *P. paupercula* (Christ) Ching; 11. *P. trichophylla* (Bak.) Ching; 12. *P. patula* (Bak.) Ching 13. *P. calomelanos* Link; (1,3,4,7,8,9,10,11,12,13. ×1000; 2. ×3300; 5. ×4670; 6. ×5340)

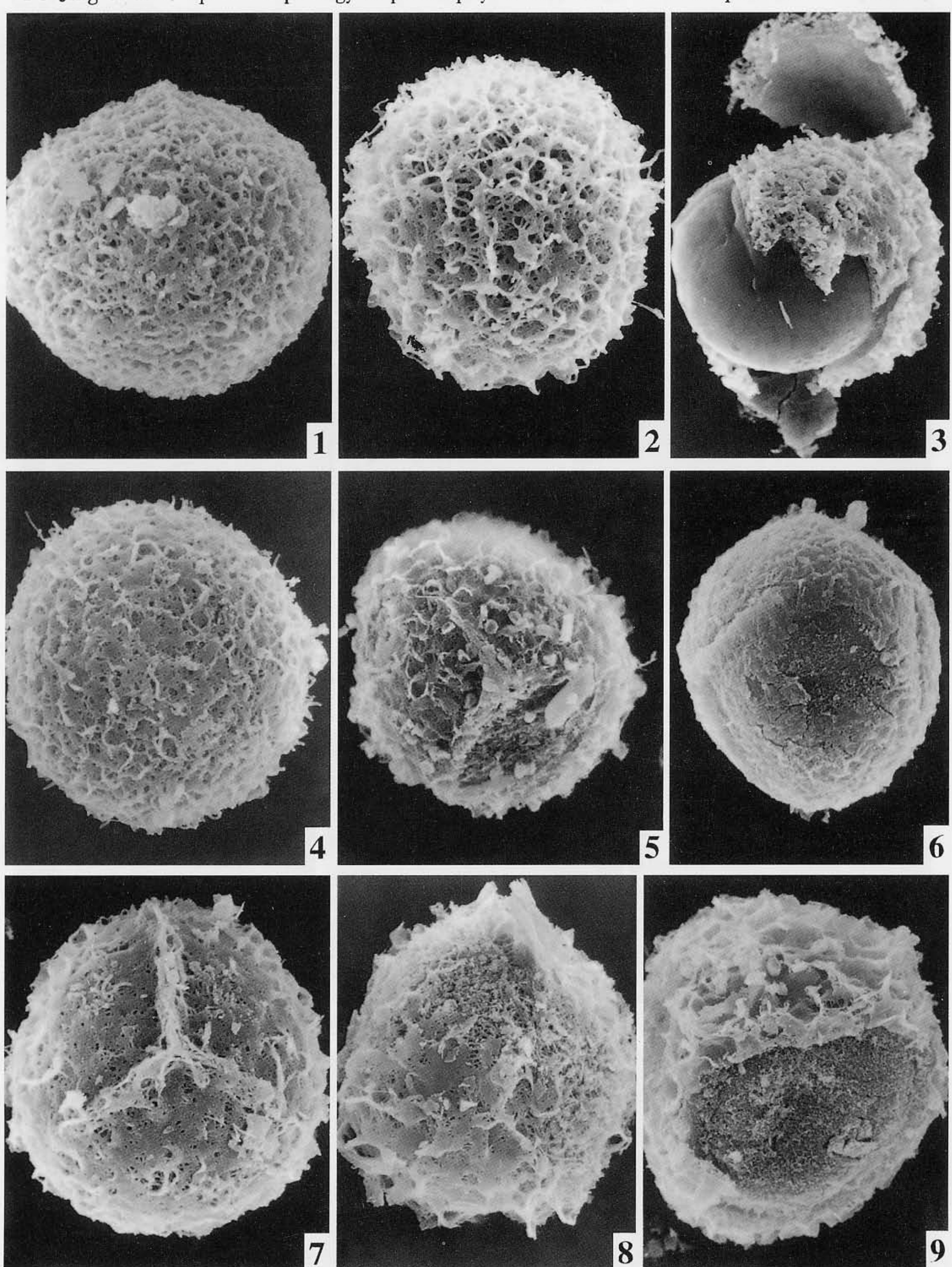
Plate Ⅵ 1~3. *Doryopteris concolor* (Langsd. et Fisch.) Kuhn; 4. *D. ludens* (Wall. ex Hook.) J. Sm.; 5. *Leptolepidium dalhousiae* (Hook.) Hsing et S. K. Wu; 6. *L. subvillosum* (Hook.) Hsing et S. K. Wu; 7. *L. kuhnii* (Milde) Hsing et S. K. Wu; 8~9. *Cryptogramma stelleri* (Gmél.) Prantl; 10. *C. emeiensis* Ching et Shing; 11. *C. brunoniana* Wall. ex Hook. et Grev.; 12. *C. raddeana* Fomin; 13. *C. shensiensis* Ching (1,2. ×1300; 3. ×6700; 4,7. ×1100; 5,6,8,9,10,11,12,13. ×1000)

Plate Ⅶ 1. *Onychium siliculosum* (Desv.) C. Chr.; 2. *O. tenuifrons* Ching; 3. *O. tibeticum* Ching et S. K. Wu; 4. *O. japonicum* (Thunb.) Kze. var. *japonicum*; 5. *O. japonicum* var. *lucidum* (Don) Christ; 6. *O. moupinense* Ching var. *moupinense*; 7. *O. moupinense* var. *ipii* (Ching) Shing; 8~9. *O. plumosum* Ching; 10~11. *O. contiguum* Hope; 12. *O. angustifrons* Ching (1,3,4,5,6,7,8,9,12. ×1000; 2. ×800; 10. ×670; 11. ×3300)

(责任编辑 汪桂芳)



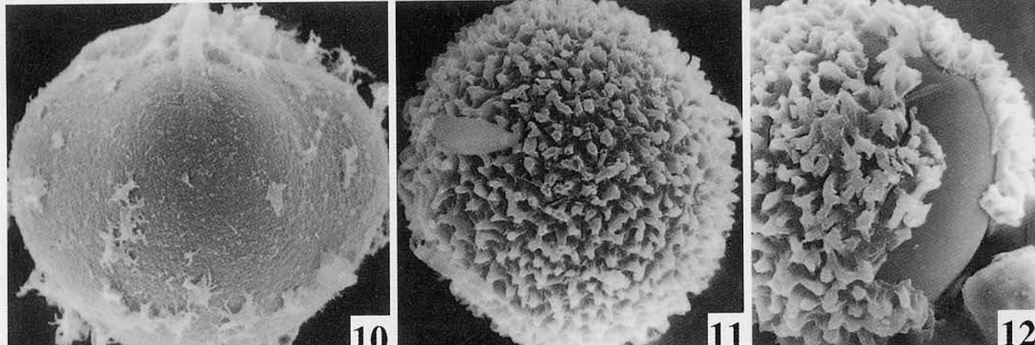
See explanation at the end of text



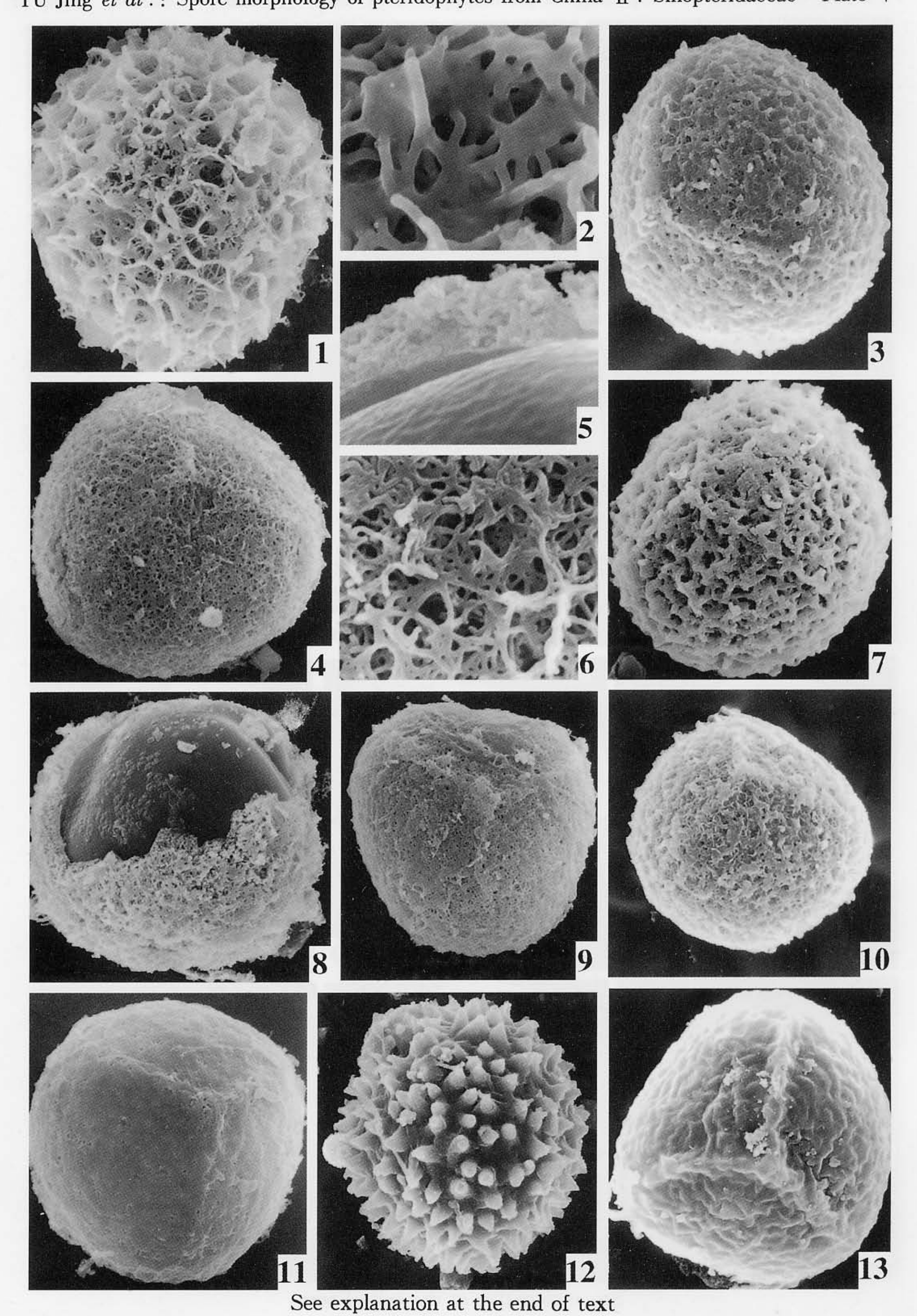
See explanation at the end of text

1 2 3
4 5 6
7 8 9
10 11 12

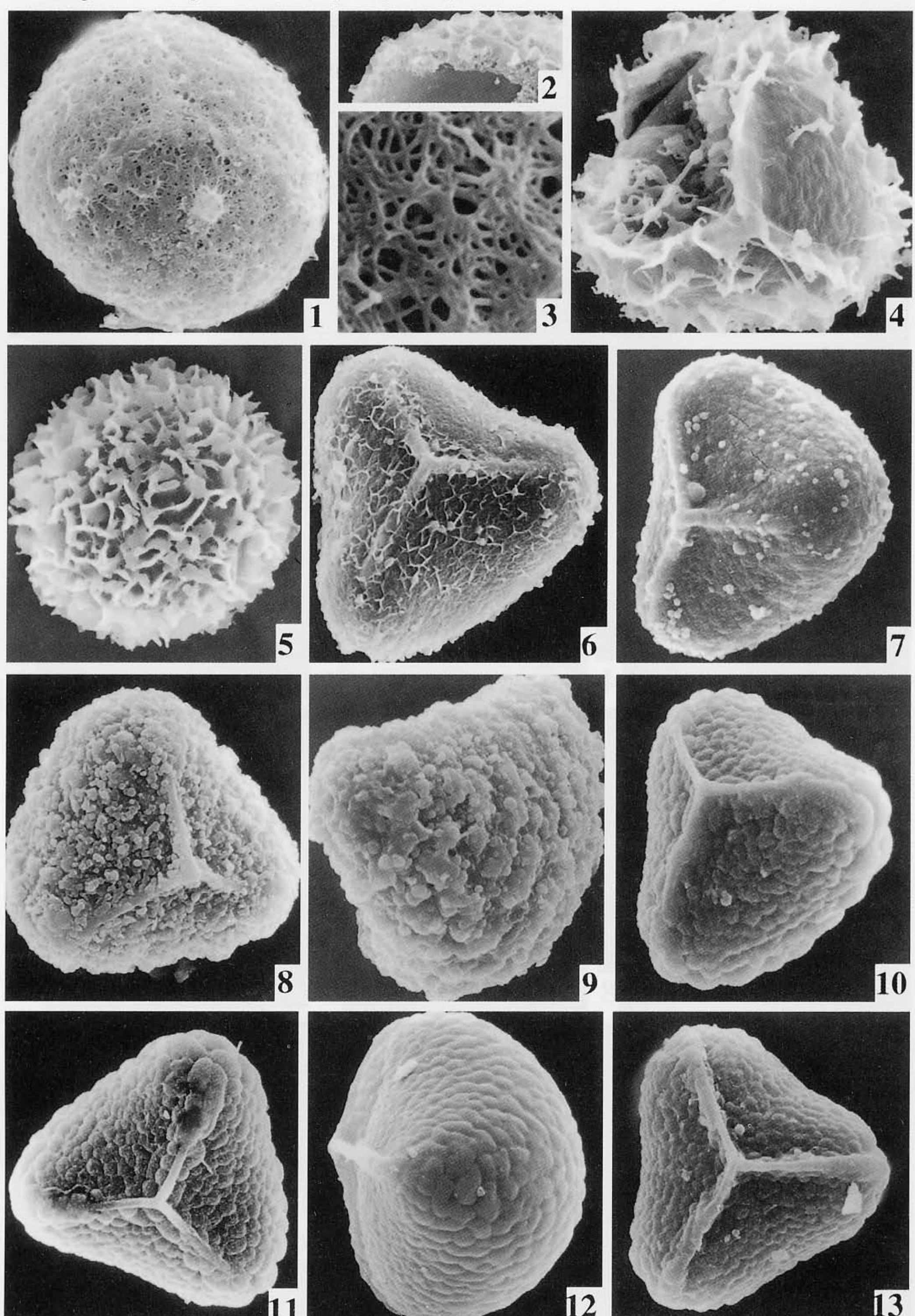
See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text



See explanation at the end of text

See explanation at the end of text